

補助事業番号 2018M-171
補助事業名 平成30年度 リハビリテーションアシストスーツの小型・軽量な速度
ベースメカニカル安全装置の開発 補助事業
補助事業者名 東海大学 工学部 機械工学科 甲斐 義弘

1 研究の概要

本補助事業者は、人の身体に装着して使用するアシストスーツの安全性向上を目指し、アシストスーツの制御用コンピュータが故障等により機能しなくなりアシストスーツが予期せぬ高速度で動作しようとする時、それを機構学を駆使して検知しアシストスーツを停止させる「速度ベースメカニカル安全装置」（以下、安全装置）を本補助事業開始前に提案・開発していた。しかし、本補助事業開始前の安全装置は、大型であり、種々のアシストスーツへの搭載は困難であった。そこで、本研究では、小型・軽量な安全装置を設計・開発した。さらに、開発した小型・軽量な安全装置を搭載した肩・肘関節用アシストスーツを設計・製作し、搭載した安全装置が目的通り動作するか否かを実験により検証した。

2 研究の目的と背景

人の身体に装着して使用するアシストスーツは、医療・福祉をはじめ様々な分野でその活躍が期待されており、国内外で活発に研究が行われている。しかし、人に対する安全対策の研究は、コンピュータや種々の電気式センサを用いたものばかりである。コンピュータやセンサが故障等により機能しない場合、アシストスーツは予期せぬ高速度で動作し、アシストスーツを装着した部位が装着者自身や周囲の人・物と衝突する危険性がある。そこで、本補助事業者は、コンピュータやセンサが故障等により機能しない場合でも、アシストスーツの速度が予め設定した速度（以下、設定速度）に至るとそれをばね等の受動的機械要素のみで検知しアシストスーツを停止させる安全装置を本補助事業開始前に提案・開発した。しかし、本補助事業開始前の安全装置（以下、旧安全装置）では、機能試作を優先したため、小型化、軽量化については十分に検討しておらず、装置自体が大型であり、種々のアシストスーツへの搭載可能性は低かった。そこで、本研究では、小型・軽量な安全装置を設計・開発することを目的とした。また、開発した小型・軽量な安全装置を搭載した肩・肘関節用アシストスーツを設計・製作し、搭載した安全装置が目的通り動作するか否かを実験により検証した。

3 研究内容

(1) 小型・軽量な速度ベースメカニカル安全装置の設計・試作

(http://www.mech.u-tokai.ac.jp/~kai_lab/news.html)

安全装置設計理論および本研究室所有の設計・解析ソフト（Inventor, Mathematica等）を用い、旧安全装置よりも小型・軽量な安全装置を設計した。また、本研究補助事業で購入した光造形3Dプリンタおよび3Dモデリングマシンを用いて小型・軽量な安全装置（新安全装

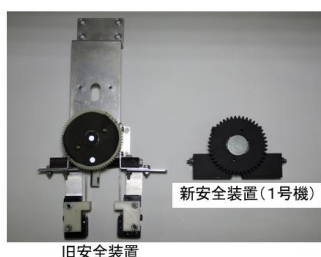


図1 旧安全装置と新安全装置(1号機)

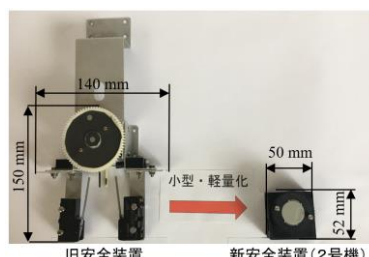


図2 旧安全装置と新安全装置(2号機)



図3 肘関節用アシストスーツ



図4 肩関節用アシストスーツ

置（1号機）の試作を行った。図1に旧安全装置と新安全装置（1号機）の比較を示す。

(2) 肩・肘関節用アシストスーツの製作と安全装置の有効性検証実験

(http://www.mech.u-tokai.ac.jp/~kai_lab/news.html)

小型・軽量の安全装置を搭載した肩・肘関節用アシストスーツを製作した。その製作において、(1)で設計・製作した新安全装置（1号機）の更なる小型・軽量化に挑んだ結果、図2に示すようにより小型・軽量の安全装置（2号機）を設計・製作することができた。新安全装置（2号機）を搭載した肘・肩関節用アシストスーツを図3・図4にそれぞれ示す。肘関節用アシストスーツと肩関節用アシストスーツは合体させて肩・肘（2自由度）アシストスーツとしても使用可能である。さらに、製作したアシストスーツを用いて、アシストスーツに搭載した安全装置が目的通り動作するか否かを検証する実験を行った。実験結果（図5に実験結果の1例を示す）より、本研究で設計・開発した新安全装置（2号機）は目的通り動作していることが確認された。

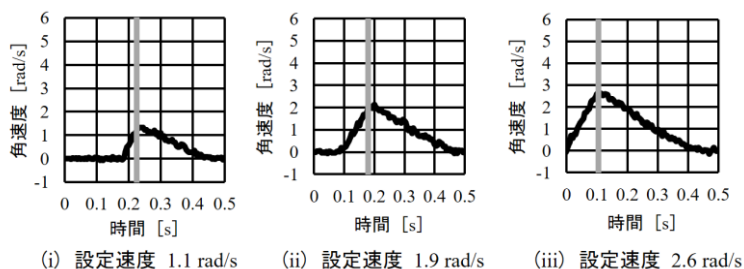


図5 実験結果

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究を実施する前の旧安全装置は、縦150 mm、横140 mm、奥行き55 mm、重量270 gであったが、本研究を実施することにより、新安全装置（2号機）は、縦52 mm、横50 mm、奥行き

き40 mm, 重量59 gとなり, 大幅に小型化・軽量化を行うことができた. これにより, 種々のアシストスーツや産業用ロボットを含めた種々のロボット・メカトロニクス機器への搭載可能性が高まったと考えられる. 安心・安全なロボット開発は社会からも要望されており, ロボット産業界をはじめ社会への波及効果も大きいと考えられる.

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究を実施することにより, これまでに本補助事業者が提案・開発してきた「速度ベースメカニカル安全装置」を大幅に小型・軽量化することに成功した. 上述したとおり, 小型・軽量の安全装置は, 種々のアシストスーツやロボットなどへの搭載可能性が高く, 安全性向上に有効であると考えられる. 今後は, 本研究で設計・開発した小型・軽量の安全装置を用いて, より安心安全なロボットやアシストスーツの開発を行いたい.

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

1. Keisuke Ikeda, Tsubasa Kaneda, Yoshihiro Kai, Kenichi Sugawara, Tetsuya Tanioka, Masayoshi Tomizuka, Yueren Zhao, Kensaku Takase, and Michael Joseph S. Dino, Development of a Knee Joint Assist Suit with a Velocity-Based Mechanical Safety Device: Control Method and Experiments, *Enfermeria Clinica (ELSEVIER)*, 30(S1), pp. 23-26, 2020.
2. 金田篤, 金田翼, 池田啓祐, 甲斐義弘, 速度ベースメカニカル安全装置を搭載した肘関節用アシストスーツの開発 (設計および製作), 日本機械学会関東学生会第59回学生員卒業研究発表講演会, 2020年3月 (新型コロナウイルスのため講演会は中止であるが, 発表論文は既発表扱いとなった).
3. Yoshihiro Kai, Keisuke Ikeda, Atsushi Kaneta, Tsubasa Kaneda, Kenichi Sugawara, Masayoshi Tomizuka, Tetsuya Tanioka, Kensaku Takase, “Design of a New Compact Velocity-Based Mechanical Safety Device for a Knee Joint Assist Suit”, *Proceedings of the 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2020)*, pp. 628-633, 2020.
4. 甲斐義弘, 金田篤, 池田啓祐, 金田翼, 菅原憲一, 富塚誠義, 谷岡哲也, 高瀬憲作, メカニカル安全装置を有する肘関節アシストスーツ(重力補償制御を用いた肘関節リハビリテーションの提案), 第2回日本再生医療とリハビリテーション学会学術大会, 2019年11月.
5. 金田翼, 金田篤, 池田啓祐, 甲斐義弘, 菅原憲一, 富塚誠義, 谷岡哲也, 高瀬憲作, コンパクトな速度ベースメカニカル安全装置を搭載した肘関節用アシストスーツの設計, 第25回IFTtoMM会議シンポジウム, 2019年10月.
6. 池田啓祐, 金田翼, 金田篤, 甲斐義弘, 菅原憲一, 富塚誠義, 谷岡哲也, 高瀬憲作, 速度ベースメカニカル安全装置を搭載した膝関節用アシストスーツの開発(制御方法の検

討), 第25回IFTtoMM会議シンポジウム, 2019年10月.

7. Yoshihiro Kai, Keisuke Ikeda, Tsubasa Kaneda, Kenichi Sugawara, and Masayoshi Tomizuka, Development of a Compact Velocity-Based Mechanical Safety Device for an Elbow Joint Assist Suit, Proceedings of the ASME 2019 Dynamic Systems and Control Conference (DSCC 2019), 全8頁分, 2019.
8. 池田啓祐, 金田翼, 金田篤, 甲斐義弘, 肘関節用アシストスーツのコンパクトな速度ベースメカニカル安全装置の設計 (装置の周波数応答解析), Life 2019, 2019年09月.
9. 金田翼, 甲斐義弘, 池田啓祐, リハビリテーションアシストスーツのコンパクトな速度ベースメカニカル安全装置の開発, 日本機械学会2019年度年次大会, 2019年09月.
10. 金田翼, 甲斐義弘, 杉山将史, 菅原憲一, 富塚誠義, 速度に基づくメカニカル安全装置を搭載した膝関節用アシストスーツの開発 (安全装置の過渡応答解析および実験), 日本機械学会論文集, Vol. 85, No. 876, 全14頁, 2019.
11. Yoshihiro Kai, Tsubasa Kaneda, Keisuke Ikeda, Development of a Compact Velocity-Based Mechanical Safety Device for Rehabilitation Assist Suits: Detailed Design, Proceedings of The 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology (ICMDT 2019), 全2頁, 2019.
12. 池田啓祐, 金田翼, 甲斐義弘, リハビリテーションアシストスーツの小型・軽量な速度ベースメカニカル安全装置の設計, Life 2018, 2018年09月.

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

該当なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 東海大学工学部機械工学科甲斐研究室 (トウカイダイガク コウガクブ
キカイコウガクカ カイケンキュウシツ)

住 所: 〒259-1292

神奈川県平塚市北金目4-1-1

担 当 者: 教授 甲斐 義弘 (カイ ヨシヒロ)

担 当 部 署: 東海大学研究推進部研究支援課 (トウカイダイガク ケンキュウスイシ
ンブ ケンキュウシエンカ)

E-mail: cgaibu@tsc.u-tokai.ac.jp

U R L: http://www.mech.u-tokai.ac.jp/~kai_lab/